

Requested Patent: JP6034446A

Title:

POLARIZATION DISPERSION MEASUREMENT METHOD AND DEVICE USING  
FIXED ANALYZER ;

Abstracted Patent: JP6034446 ;

Publication Date: 1994-02-08 ;

Inventor(s): NAMIHIRA YOSHITAKA; others: 02 ;

Applicant(s): KOKUSAI DENSHIN DENWA CO LTD ;

Application Number: JP19920185466 19920713 ;

Priority Number(s): ;

IPC Classification: G01J4/04; G01M11/02 ;

Equivalents: JP2746354B2 ;

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain a method and device which for measuring the polarization dispersion of a measurement target in all polarization states of light signal accurately and easily.

CONSTITUTION: The method and device are provided with a polarization control means 2alpha which can convert the polarization state of light signal output from light sources 1 and 1' to any polarization state and can control the polarization main axis of light signal in any direction using the light source 1 for outputting a wide-band light signal or a light source 1' for changing the wavelength of the output light signal and a fixed analyzer 4 for inputting light signal after passing a measurement target 3 from the polarization control means 2alpha for interference. Further, it is also provided with a branch means 9 for branching the interfered light signal which is outputted from the fixed analyzer 4, an optical spectrum analyzer 5 which measures the light intensity over a wide band by inputting one interference light signal branched by the branch means 9, light reception measuring means 13 and 13' which receive and measure the light signal, and a recording operation means 12 which records the measurement result of the optical spectrum analyzer 5 and the light reception measuring means 13 and 13' and then perform an operation.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-34446

(43)公開日 平成6年(1994)2月8日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 J 4/04	Z	8707-2G		
G 0 1 M 11/02	K	8204-2G		

審査請求 未請求 請求項の数 7 (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平4-185466

(22)出願日 平成4年(1992)7月13日

(71)出願人 000001214

国際電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号

(72)発明者 波平 宜敬

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際  
電信電話株式会社内

(72)発明者 川澤 俊夫

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際  
電信電話株式会社内

(72)発明者 若林 博晴

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際  
電信電話株式会社内

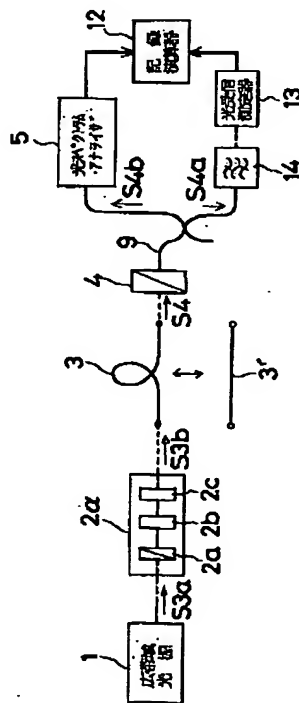
(74)代理人 弁理士 菅 隆彦

(54)【発明の名称】 固定検光子を用いた偏波分散測定方法及び装置

(57) 【要約】

【目的】高精度で簡易に測定でき、しかも光信号の全ての偏波状態における測定対象の偏波分散を測定する方法及び装置を提供する。

【構成】広帯域な光信号を出力する光源 1 又は出力光信号の波長を変化させることが可能な光源 1' を用いて、当該光源 1, 1' から出力される光信号の偏波状態を、任意の偏波状態に変換自在でかつ当該光信号の偏波主軸を任意の方向に制御自在である偏波制御手段 2  $\alpha$  と、当該偏波制御手段 2  $\alpha$  からの測定対象 3 通過後の光信号を入力して干渉させる固定検光子 4 と、当該固定検光子 4 から出力される干渉された光信号を分岐する分岐手段 9 と、当該分岐手段 9 により分岐された一方の干渉された光信号を入力して広帯域にわたってその光強度を測定する光スペクトラム・アナライザ 5 と、光信号の受信測定を行う光受信測定手段 1 3, 1 3' と、前記光スペクトラム・アナライザ 5 と光受信測定手段 1 3, 1 3' の測定結果を記録して演算する記録演算手段 1 2 とを具備する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 広帯域な光信号を出力する光源手段を用い、

当該広帯域光源手段から出力される光信号を任意の偏波状態でかつ偏波主軸を任意の方向に制御して測定系に挿入された測定対象に入力し、

当該測定対象から出力された光信号を固定検光子に入力して、

当該固定検光子より出力される干渉された光信号の光強度の測定により求められる余弦波状の周期関数の山(谷)の数と山(谷)と山(谷)の間隔とを計数することにより前記干渉された光信号の直交する偏波軸における偏波状態の分散を求めて、

前記測定対象の偏波分散を求めることを特徴とする固定検光子を用いた偏波分散測定方法。

【請求項2】 広帯域な光信号を出力する光源手段は、出力する波長を変化させることが可能である光源手段に置き換えることを特徴とする、請求項1記載の固定検光子を用いた偏波分散測定方法。

【請求項3】 測定系は、

まず、測定対象を挿入しない状態で偏波分散を予め測定・記録して置き、

ついで、測定対象を挿入した状態で偏波分散を測定・記録し、

引続き、前記測定対象を挿入しない状態の偏波分散と測定対象を挿入した状態の偏波分散の双方を比較演算して、

測定対象以外の光スペクトル特性を相殺することを特徴とする請求項1又は2記載の固定検光子を用いた偏波分散測定方法。

【請求項4】 固定検光子より出力される干渉された光信号の測定は、同期検波方式で行っていることを特徴とする請求項1、2又は3記載の固定検光子を用いる偏波分散測定方法。

【請求項5】 広帯域な光信号を出力する広帯域光源と、当該光源から出力される光信号の偏波状態を、任意の偏波状態に変換自在でかつ当該光信号の偏波主軸を任意の方向に制御自在である偏波制御手段と、

当該偏波制御手段からの測定対象を通過した光信号を入力して干渉させる固定検光子と、

当該固定検光子から出力される干渉された光信号を分岐する分岐手段と、

当該分岐手段により分岐された一方の干渉された光信号を入力して広帯域にわたってその光強度を測定する光スペクトラム・アナライザと、

前記分岐手段により分岐された他方の干渉された光信号を入力して特定の周波数帯域を濾波する濾波手段と、

当該濾波手段により濾波された光信号の受信測定を行う光受信測定手段と、

前記光スペクトラム・アナライザと当該光受信測定手段

2

の測定結果を記録して演算する記録演算手段とを具備することを特徴とする固定検光子を用いた偏波分散測定装置。

【請求項6】 出力する光信号の波長を変化させることが可能である波長可変光源と、

当該光源から出力される光信号の偏波状態を、任意の偏波状態に変換自在でかつ当該光信号の偏波主軸を任意の方向に制御自在である偏波制御手段と、

当該偏波制御手段からの測定対象を通過した光信号を入力して干渉させる固定検光子と、

当該固定検光子から出力される干渉された光信号を分岐する分岐手段と、

当該分岐手段により分岐された一方の干渉された光信号を入力して広帯域にわたってその光強度を測定する光スペクトラム・アナライザと、

前記分岐手段により分岐された他方の干渉された光信号を入力して光信号の受信測定を行う光受信測定手段と、

前記光スペクトラム・アナライザと当該光受信測定手段の測定結果を記録して演算する記録演算手段とを具備することを特徴とする固定検光子を用いた偏波分散測定装置。

【請求項7】 光源は、光源からの光信号を変調して出射する変調手段を具備するとともに、光受信測定手段は、同期検波型光受信測定器であることを特徴とする請求項5又は6記載の固定検光子を用いた偏波分散測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【従来の技術】 本発明は、光ファイバ、光コンポーネント及び光増幅中継伝送システム等において、固定検光子を用いて偏波分散を測定する方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の固定検光子を用いた偏波分散測定方法の基本的な概念を図面を参照して説明する。図9は基本的な偏波分散測定方法の構成例を示す図である。図中、1は広帯域な光スペクトラム幅の光信号を出射する光源、2aは偏光子、3は測定対象、4は固定検光子、5は光スペクトラム・アナライザである。

【0003】 従来の基本的な偏波分散測定方法を、以下に説明する。まず、広帯域な光スペクトラム幅を有するEDFA(Erドープ光ファイバアンプ)、SLA(半導体レーザアンプ)、LED等の光源1の出力光信号を偏光子2aを通過させる事により直線偏波状態とし、それを測定対象3に入力する。その測定対象3から出力された出力光信号を検光子4で2つの直線偏波モードを干渉させ、光スペクトラム・アナライザ5で測定する。

【0004】 偏波分散 $\tau$ は、光スペクトラム・アナライザ5に示される各変数を使用して以下の式(1)を用いて求められる。

$$\tau = \lambda_1 \lambda_2 / (c \Delta \lambda) \quad \dots (1)$$

但し、 $\Delta \lambda (= |\lambda_2 - \lambda_1|)$ は、光スペクトラム・

アナライザ5に示される山から山、あるいは谷から谷までの間隔であり、ビート長(位相差:  $2\pi$ )に相当し、 $c$ は光速度を示している。

【0005】次に、従来の具体的な偏波分散測定方法の一つである干渉法について、図を用いて説明する。図10は干渉法を用いる際に使用される装置の構成例である。図中、2bは $\lambda/4$ 波長板等の $\pi/2$ 位相素子、2cは $\lambda/2$ 波長板等の $\pi$ 位相素子、6はInGaAs-PD等のフォト・ディテクタ、7は測定対象3の前後に、挿入する光学レンズ、8a及び8bはコーナー・キューブ、9は光分岐器、10はフォト・ディテクタ6の出力信号を増幅する増幅器である。

【0006】11はコーナー・キューブ8bを前後へ微小な距離 $d$ を往復させる微小振動ステージ、12は増幅器10からの信号S1と微小振動ステージ11からの前進・後退を示す信号S2とを演算・記録して装置全体を同期検波方式とするための記録演算器である。なお、前記基本的な概念図である図9と同一の部材には同一の符号を付した。

【0007】従来の偏波分散測定方法の一つである干渉法による測定手順を図面を参照しながら説明する。広帯域な光スペクトル幅を有するEDFA、SLA、LED等の光源1の出力光信号を、まず偏光子2aで直線偏波状態にして、次に $\lambda/4$ 波長板等の $\pi/2$ 位相素子2bで任意の偏波状態(通常は円偏波を採用)とする。

【0008】次に、光分岐器9に入力された光信号は、2つの直交偏波モードへと分岐され、それぞれ固定されたコーナー・キューブ8a方向と微小振動ステージ11により微小な距離 $d$ を往復するコーナー・キューブ8b方向へと向かい、それぞれのコーナー・キューブ8a、8bで折り返され、測定対象3に入力される。

【0009】それぞれの単一の直交偏波モードとなった光信号は測定対象3に入力されたあと、検光子4上で干渉パターンを生じる。当該干渉パターンの信号はフォト・ディテクタ6上で電気信号とされ、増幅器10で増幅された電気信号S1とされた後に記録演算器12へ送られる。

【0010】一方、微小振動ステージ11による微小な動きも、電気信号S2とされて記録演算器12へと送られる。記録演算器12は、電気信号S1及びS2を比較演算して同期検波し、当該同期検波の結果より偏波分散を求める。

【0011】この種の干渉法による偏波分散 $\tau$ は、微小振動ステージ11により往復させられる可動式のコーナー・キューブ8bの移動量 $d$ より、次の式(2)のように求めることが可能である。

$$\tau = 2d/c \quad \cdots (2)$$

但し、 $c$ は光速度

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の方法に

於いては、次のような問題点が存在した。まず、基本的な方法を示す図9の方法においては、次のような問題点が存在した。すなわち、光源1の波長に依存する光パワーの初期特性やその他の部材の偏波分散特性が含まれるため、どの波長におけるピーク値が、測定対象の偏波依存の光信号成分であるか区別できないので、測定値がばらつくという問題点があった。

【0013】この問題点を図11を用いて説明する。今、ある広帯域な光信号の各波長 $\lambda a$ 、 $\lambda b$ 、 $\lambda c$ 、 $\lambda d$ において測定を行ったとする。 $\lambda c$ の波長における測定対象3通過後の光パワーは最も大きなものと測定される。ところが、 $\lambda c$ の波長においてはもともと光源1の光スペクトルの初期特性や他の部材による偏波分散特性が含まれているため、実際の当該波長 $\lambda c$ における測定対象3による偏波分散による光パワーの変動は、その他の各測定波長 $\lambda a$ 、 $\lambda b$ 、 $\lambda c$ 、 $\lambda d$ の偏波分散と比較して、小さいものである。

【0014】次に、図10のような装置で、干渉法を用いた場合の問題点について図面を参照しながら述べる。この干渉法は、基本的には時間領域における測定方法であるため、偏波軸の一定な、例えば偏波面保存光ファイバ(以下、PMFとする)や偏光依存性を有する光部品等が測定対象3の場合には有用であるが、時間的に偏波状態が変動する通常の単一モード光ファイバ(以下、SMFとする)等が測定対象3の場合には、偏波分散の値が過少評価されるという問題点があった。

【0015】このことを、図12を用いて説明する。図12(a)は偏光依存性を有する光部品の偏波分散の測定例を示すグラフであり、図12(b)はSMFの偏波分散の測定例を示すグラフで、図12(a)及び図12(b)のそれぞれ上のグラフは偏光依存性を有する光部品及びSMFの偏波の速軸を示すためのグラフ、下のグラフは偏光依存性を有する光部品及びSMFの偏波の遅軸を示すためのグラフであり、図12(a)及び図12(b)のそれぞれにおいて、横軸はコーナー・キューブ8a及び8bによる光路長差で中央が0、縦軸は観測される光パワーの強度である。

【0016】図12(a)における偏光依存性を有する光部品の測定例では、直交する偏波モード間の結合がないので、上と下のグラフでそれぞれ一つの山しかないために、偏波分散 $\tau$ の値もすぐに求めることが可能であり、測定誤差も比較的生じにくい。しかし、図12(b)におけるSMFの測定例においては、直交する偏波モード間の結合が発生するために、干渉パターンが複雑になる。

【0017】それ故、偏波状態が少しでも変化して観測される光パワーの強度が変化すると、例えば、図12(b)下のグラフの横軸中央0値より少し小さい箇所にある山が高くなると、そこが一つのピーク値であるという認識が生じ、誤差が生じ易いという問題点が存在し

た。

【0018】ここにおいて、本発明は、前記従来の偏波分散測定方法の問題点に鑑み、高精度で簡易に測定でき、しかも光信号の全ての偏波状態における測定対象の偏波分散測定方法及び装置を提供せんとするものである。

【0019】

【課題を解決するための手段】前記従来の課題の解決は、本発明が、次に列挙する新規な特徴的構成手法及び手段を採用することにより達成される。すなわち、本発明方法の第1の特徴は、広帯域な光信号を出力する光源手段を用い、当該広帯域光源手段から出力される光信号を任意の偏波状態でかつ偏波主軸を任意の方向に制御して測定系に挿入された測定対象に入力し、当該測定対象から出力された光信号を固定検光子に入力して、当該固定検光子より出力される干渉された光信号の光強度の測定により求められる余弦波状の周期関数の山（谷）の数と山（谷）と山（谷）の間隔とを計数することにより前記干渉された光信号の直交する偏波軸における偏波状態の分散を求めて、前記測定対象の偏波分散を求める固定検光子を用いてなる偏波分散測定方法である。

【0020】本発明方法の第2の特徴は、前記方法の第1の特徴における広帯域な光信号を出力する光源手段が、出力する波長を変化させることが可能である光源手段に置き換えられてなる固定検光子を用いた偏波分散測定方法である。

【0021】本発明方法の第3の特徴は、前記方法の第1又は第2の特徴における測定系が、まず、測定対象を挿入しない状態で偏波分散を予め測定・記録して置き、ついで、測定対象を挿入した状態で偏波分散を測定・記録し、引続き、前記測定対象を挿入しない状態の偏波分散と測定対象を挿入した状態の偏波分散を比較演算して、測定対象以外の偏波分散特性を相殺してなる固定検光子を用いた偏波分散測定方法である。

【0022】本発明方法の第4の特徴は、前記方法の第1、第2又は第3の特徴における固定検光子より出力される干渉された光信号の測定が、同期検波方式で行なわれてなる固定検光子を用いる偏波分散測定方法である。

【0023】本発明装置の第1の特徴は、広帯域な光信号を出力する広帯域光源と、当該光源から出力される光信号の偏波状態を、任意の偏波状態に変換自在でかつ当該光信号の偏波主軸を任意の方向に制御自在である偏波制御手段と、当該偏波制御手段からの測定対象を通過した光信号を入力して干渉させる固定検光子と、当該固定検光子から出力される干渉された光信号を分岐する分岐手段と、当該分岐手段により分岐された一方の干渉された光信号を入力して広帯域にわたってその光強度を測定する光スペクトラム・アナライザと、前記分岐手段により分岐された他方の干渉された光信号を入力して特定の周波数帯域を濾波する濾波手段と、当該濾波手段により

濾波された光信号の受信測定を行う光受信測定手段と、前記光スペクトラム・アナライザと当該光受信測定手段の測定結果を記録して演算する記録演算手段とを具備してなる固定検光子を用いた偏波分散測定装置である。

【0024】本発明装置の第2の特徴は、出力する光信号の波長を変化させることが可能である波長可変光源と、当該光源から出力される光信号の偏波状態を、任意の偏波状態に変換自在でかつ当該光信号の偏波主軸を任意の方向に制御自在である偏波制御手段と、当該偏波制御手段からの測定対象を通過した光信号を入力して干渉させる固定検光子と、当該固定検光子から出力される干渉された光信号を分岐する分岐手段と、当該分岐手段により分岐された一方の干渉された光信号を入力して広帯域にわたってその光強度を測定する光スペクトラム・アナライザと、前記分岐手段により分岐された他方の干渉された光信号を入力して光信号の受信測定を行う光受信測定手段と、前記光スペクトラム・アナライザと光受信測定手段の測定結果を記録して演算する記録演算手段とを具備してなる固定検光子を用いた偏波分散測定装置である。

【0025】本発明装置の第3の特徴は、前記装置の第1又は第2の特徴における光源が、光源からの光信号を変調して出射する変調手段を具備するとともに、光受信測定手段が、同期検波型光受信測定器である固定検光子を用いた偏波分散測定装置である。

【0026】

【作用】本発明は、上記のような構成手法及び手段を採用するので、従来のような固定検光子からの干渉光信号をそのまま演算するのではなく、干渉光信号の余弦波状の山あるいは谷の数と山と山あるいは谷と谷の間隔とを計数して、それを演算して全ての偏波状態における測定対象の高精度でしかも安定した測定を実現できる。

【0027】更に、本発明方法の第3の特徴によれば、測定対象以外の偏波分散特性を相殺できるので、一層の高精度な測定を実現することができる。また、本発明方法の第4の特徴によれば、同期検波方式の採用により、光増幅器等を含んだ光雑音を発生するようなものが測定対象である場合にも、安定した高精度な測定が可能となる。

【0028】

【実施例】

（装置例1）本発明の第1の装置例を図面につき説明する。図1は本装置例の構成を示すブロック・ダイアグラムである。図中、Aは本装置例の偏波分散測定装置、2αは偏光子2a、λ/4波長板等のπ/2位相素子2b、λ/2波長板等のπ位相素子2cとから構成される偏波制御装置、3'は参照用光ファイバ、13は光受信測定器、14は濾過する波長を変化させることが可能である波長可変狭帯域光フィルタ（BPF）である。図中の偏波制御装置2αの構成は、本装置例においては、偏

光子2 a,  $\pi/2$ 位相素子2 b,  $\pi$ 位相素子2 cとしているが、他の態様もとり得る。なお、前記従来例を示す図9及び図10と同一の部材には同一の符号を付した。

【0029】(方法例1)第1の発明方法の実施手順を、図面を参照しながら説明する。図2(a), (b), (c)は、本方法の概念を説明するためのグラフである。図中、いずれも横軸は波長、縦軸は観測される光パワーの強度である。まず、参照用光ファイバ3'を測定対象3の代わりに挿入し、光源1の光信号S3 aの光スペクトルの初期特性を光測定受信器13又は光スペクトラムアナライザ5で測定し、記録演算器12へ測定データを記録する。ここで測定・記録されるのは、図2(a)のP1に示されるような曲線をもつグラフである。

【0030】次に、参照用光ファイバ3'に代えて測定対象3を挿入し、偏波制御装置2 $\alpha$ で光信号S3 aの偏波状態を様々に変化させて光信号S3 bとして、測定対象を通過させ、光信号S4の光スペクトルを検光子4を通過させた後、光受信測定器13又は光スペクトラム・アナライザ5で測定し、記録演算器12へ測定データを記録する。ここで測定・記録されるのは、図2(b)のP2に示されるような複雑な曲線である。

【0031】ここで記録演算器12において、図2(a)及び図2(b)に示されるそれぞれの曲線P1及びP2に対して、概念的にいうとP2-P1という演算を行って、光源1の光信号S3 aの光スペクトルの初期特性を相殺すれば、図2(c)に示すP3という曲線を得られるが、これが測定対象3の本来の、平均レベルの等しい干渉された偏波分散を示す光パワーである。

【0032】以下に、前記第1の装置例を利用した本発明方法の詳細な実行手順を、図1を参照しながら説明する。まず、光源1の出力光信号S3 aを偏波制御手段2 $\alpha$ へと入力する。偏波制御手段2 $\alpha$ へ入力された光信号S3 aは、まず、偏光子2 aへと入力されて直線偏波状態にされ、次に $\pi/2$ 位相素子2 bに入力されて直線偏波状態から任意の偏波状態に変換され、そして $\pi$ 位相素子2 cに入力されて偏波主軸を任意の角度にされて、光信号S3 bとされる。

【0033】ここで、初期の設定動作として次の作業を行う。まず、偏波制御装置2 $\alpha$ 中の偏光子2 aのみを働かせて、光信号S3 bを直線偏波状態とする。そして検光子4通過後の光分岐器9で分岐された光信号S4 aの出力レベルが光受信測定器13で観測される光強度のパワーが最小値に(消光比が大きく)なるように波長可変狭帯域光フィルタ14の中心波長を調整し、その後同様に、光受信測定器13で観測される光強度のパワーが最小値に(消光比が大きく)なるように検光子4及び偏波制御装置2 $\alpha$ 中の $\pi/2$ 位相素子2 b,  $\pi$ 位相素子2 cを調整する。

【0034】前記の設定動作が終了したら、その次に、

測定対象3を通過した後の光信号S4 aの光スペクトル特性P2を光受信測定器13で測定し、記録演算器12でデータを記録し、光源1の初期特性P1をキャンセルすると、検光子4上に2つの直交偏波成分が干渉する事により生じるビート信号(数学的に見ると周期的な関数)が光スペクトラム・アナライザ5で得られる。

【0035】その山と山、あるいは谷と谷が1ビート長(位相差= $2\pi$ )に相当する事から、その山(谷)の数Nより、偏波分散 $\tau$ は、以下の式(3)により求めることが可能となる。但し、山(谷)の数Nが多ければ多いほど、その数値は平均化されて安定な特性測定が可能となる。

$$\tau = N \{ \lambda_1 \lambda_n / (c \Delta \lambda n) \} \quad \dots (3)$$

ここで、 $\Delta \lambda n = |\lambda_n - \lambda_1|$

$\lambda n$ : N番目の山(谷)の数

【0036】次に、 $\pi$ 位相素子2 cを $45^\circ$ 回転して測定対象3に入力する光信号S3 bの偏波主軸を $90^\circ$ 回転させて、上記と同様に測定を行うと、山と谷が反転するため、ノイズの影響による雑音信号は偏波分散とは関係ないので反転しないでそのままであるから、ノイズの影響を取り除くことが出来、高精度の測定が可能となる。

【0037】(測定例)次に、本発明方法を適用した測定例を図面に示す。図3乃至図5は、本発明方法の概念説明図である図2(a)乃至図2(c)に対応した測定結果のグラフである。測定対象3としてはSMFを採用し、図3から図5においていずれも横軸は波長(単位は $\mu\text{m}$ )、縦軸は測定される光強度のパワー(単位はdBm)である。

【0038】まず、図3は測定対象3を挿入しない段階の、光源1の光スペクトルの初期特性を示すグラフであり、測定前或いは測定後に記録演算器12に入力されるものである。図中の $\nabla$ で示した箇所が、光源1の初期光スペクトル特性のもっとも光強度がある測定波長である。

【0039】図4は、測定対象3を挿入して実際に測定された曲線のグラフである。そして、図5が記録演算器12において、実際に[図4の曲線-図3の曲線]という演算を行って得られたグラフである。このように、光源1の初期光スペクトル特性に左右されない偏波干渉による光強度の変動を非常に精密に測定することが可能となる。

【0040】(装置例2)本発明による第2の装置例を図面につき説明する。図6は本装置例の構成を示すブロック・ダイアグラムである。図中、Bは本装置例の偏波分散測定装置1'は出射する光信号の波長を変化させる事が可能である波長可変光源である。なお、前記従来例及び第1装置例と同一の部材には同一の符号を付した。

【0041】本装置例は、前記第1装置例と比較すると、波長可変狭帯域光フィルタ14が光分岐器9と光受

信測定器13との間に存在しないが、これは、光源1'を波長可変とすることで、同一の動作を行えるからである。

【0042】すなわち、光受信測定器13と光スペクトル・アナライザ5とで受信性能の特徴を比較すると、光スペクトル・アナライザ5においては、一回の測定において比較的広い波長領域においてもある程度精密な測定が可能であるが、光受信測定器13においては、一回の測定においてはある一定の波長領域の光強度しか測定することが出来ない。

【0043】それ故、広帯域な光スペクトルを有する光源1を用いた場合には、測定対象3通過後の光信号S4のある一定の波長領域を波長可変狭帯域光フィルタ14で通過させて、その光強度を測定する必要があったが、光源1'のように、出射する光信号S3a自体の波長領域を制御してしまえば、一回の測定において、光受信測定器13単体で十分精密な測定が可能となるのである。

【0044】(方法例2)次に、図6に示されるような構成の装置を用いて、偏波分散を求める測定方法を説明する。まず、光信号の流れから概略を説明する。波長可変光源1'から出射する光信号S3aを、偏波制御装置2αに入力し、任意の偏波状態でしかも偏波軸を任意の方向に制御可能として、光信号S3bとする。当該光信号S3bを測定対象3に入力し、その出射光信号S4を検光子4を通過させて干渉させた後、光分岐器9で分岐する。その一方の光信号S4aは光受信測定器13へと入力し、他方の光信号S4bは光スペクトル・アナライザ5へと入力して測定をする。

【0045】次に、詳細な実行手順を説明する。まず、参照用光ファイバ3'を測定対象3の代わりに挿入し、光源1の光信号S3aの光スペクトルの初期特性を光測定受信器13又は光スペクトラムアナライザ5で測定し、記録演算器12へ測定データを記録する。

【0046】次に、参照用光ファイバ3'に代えて測定対象3を挿入し、偏波制御装置2αで光信号S3aの偏波状態を様々に変化させて光信号S3bとして、測定対象を通過させ、光信号S4の光スペクトルを検光子4を通過させた後、光受信測定器13又は光スペクトラム・アナライザ5で測定し、記録演算器12へ測定データを記録する。

【0047】そして、偏波制御装置2α中の偏光子2αのみを働かせて、光信号S3bを直線偏波状態とする。そして検光子4通過後の光分岐器9で分岐された光信号S4aの出力レベルが光受信測定器13で観測される光強度のパワーが最小値に(消光比が大きく)なるように検光子4及び偏波制御装置2α中のπ/2位相素子2b、π位相素子2cを調整する。

【0048】その次に、測定対象3を通過した後の光信号S4aの光スペクトル特性を光受信測定器13で測定し、記録演算器12でデータを記録し、光源1の光ス

クトルの初期特性をキャンセルすると、検光子4上に2つの直交偏波成分が干渉する事により生じるビート信号(数学的に見ると周期的な関数)が光スペクトラム・アナライザ5で得られる。

【0049】その山と山、あるいは谷と谷が1ビート長(位相差=2π)に相当する事から、その山(谷)の数Nより、偏波分散τは、前記の式(3)により求めることが可能となる。ここで、山(谷)の数Nが多ければ多いほど、その数値は平均化されて安定な特性測定が可能となるが、前記方法例1と同様であることはいうまでもない。

【0050】次に、π位相素子2cを45°回転して測定対象3に入力する光信号S3bの偏波主軸を90°回転させて、上記と同様に測定を行うと、山と谷が反転するため、ノイズの影響による雑音信号は偏波分散とは関係ないので反転しないでそのままであるから、ノイズの影響を取り除くことが出来、高精度の測定が可能となる。

【0051】(装置例3)本発明による第3の装置例を図面につき説明する。図7は、本装置例の構成を示すブロック・ダイアグラムである。図中、Cは本装置例の偏波分散測定装置、13'は同期検波型光受信測定器、15は光源1'に変調信号Mを与える外部変調器、16は波長計、17は微弱な光信号を同期検波方式で測定する際に有用な電氣的帯域フィルタである。なお、前記従来例及び第1、第2装置例と同一の部材には同一の符号を付した。

【0052】(方法例3)前記第3の装置例を用いた、本発明方法の実施手順について説明する。まず、外部変調器15により出力される変調信号Mにより、波長可変光源1'から出射する光信号S3aを変調する。当該外部変調器15は記録演算器12にも変調信号Mを出力する。当該変調された光信号S3aは、光分岐器9により2分岐される。分岐された一方の光信号S3bは測定対象3へ入力する光信号として偏波制御装置2αへ入力される。他方の光信号S3cは、波長モニタ用として、波長計16へと入力される。

【0053】次に、参照用光ファイバ3'を測定対象3の代わりに挿入し、光源1の光信号S3aの光スペクトルの初期特性を同期検波型光測定受信器13'で測定し、記録演算器12へ測定データを記録する。

【0054】そして、参照用光ファイバ3'に代えて測定対象3を挿入し、偏波制御装置2αで光信号S3aの偏波状態を様々に変化させて光信号S3bとして、測定対象を通過させ、光信号S4の光スペクトルを検光子4を通過させた後、同期検波型光受信測定器13'で測定し、記録演算器12へ測定データを記録する。

【0055】測定対象3へ入力されるための分岐光信号S3bは、偏波制御装置2αへ入力されて、任意の偏波状態でしかも偏波主軸が任意の方向へ向けられた光信号



S3dとされて、測定対象3へ入力される。

【0056】測定対象3へ入力された光信号S3dは、測定対象3で偏波分散を受けて光信号S4となり、検光子4を通過して干渉された光信号S4aとなり、同期検波型光受信測定器13'へ入力されて光パワーを測定される。その測定された電氣的信号S4bが電氣的帯域フィルタ17へと入力され、濾波されてその後記録演算器12へと記録される。

【0057】本例においては、同期検波方式とするために、外部変調器15による変調信号Mにより波長可変光源1'を直接変調し、同時に記録演算器12へと変調信号Mを供給しているが、波長可変光源1'からの出射する光信号を光路中で変調する間接変調方式としてもよいことはいうまでもない。

【0058】また、本例によれば、波長可変光源1'を利用しているので、一度に広帯域波長にわたる測定は出来ないが、その分、前記第1装置例のような狭帯域光フィルタを装置に組み入れなくてもよいので、全体の構成が簡素になるという利点がある。なお、広帯域波長にわたる測定を一度に行いたければ、前記第1装置例のように、光源に広帯域光源を使用し、光受信測定器13'の前段に狭帯域光フィルタを備えればよいということはいうまでもない。

【0059】(比較例)本発明による方法と前記従来技術である干渉法の実際の測定の比較を図8の表に示す。表中の $\sigma$ は、標準偏差である。これにより、従来技術である干渉法における問題点であった偏波分散の値が過少評価されるという点が、本発明により解消されていることが理解できる。

【0060】

【発明の効果】かくして、本発明によれば、安定した高精度な各種光デバイス等の偏波分散測定が実現可能となり、偏波分散の小さな光増幅器や光デバイス、長距離光増幅中継伝送システムが実現可能となる等優れた有用性を発揮する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の装置例の構成を示すブロック・ダイアグラムである。

【図2】(a), (b), (c)は、それぞれ本発明方法の概念を説明するためのグラフである。

【図3】本発明方法の概念説明図である図2(a)に対応した、実際の測定結果を示すグラフである。

【図4】同上、図2(b)に対応した、実際の測定結果

を示すグラフである。

【図5】同上、図2(c)に対応した、実際の測定結果を示すグラフである。

【図6】本発明の第2の装置例の構成を示すブロック・ダイアグラムである。

【図7】本発明の第3の装置例の構成を示すブロック・ダイアグラムである。

【図8】本発明による方法と前記従来技術である干渉法の実際の測定の比較を示す表である。

10 【図9】固定検光子を用いた偏波分散測定方法の基本的な構成例を示す図である。

【図10】従来の具体的な偏波分散測定方法の一つである干渉法を用いる際に使用される装置の構成例を示すブロック・ダイアグラムである。

【図11】図9に示される装置を用いた際の問題点を説明するためのグラフである。

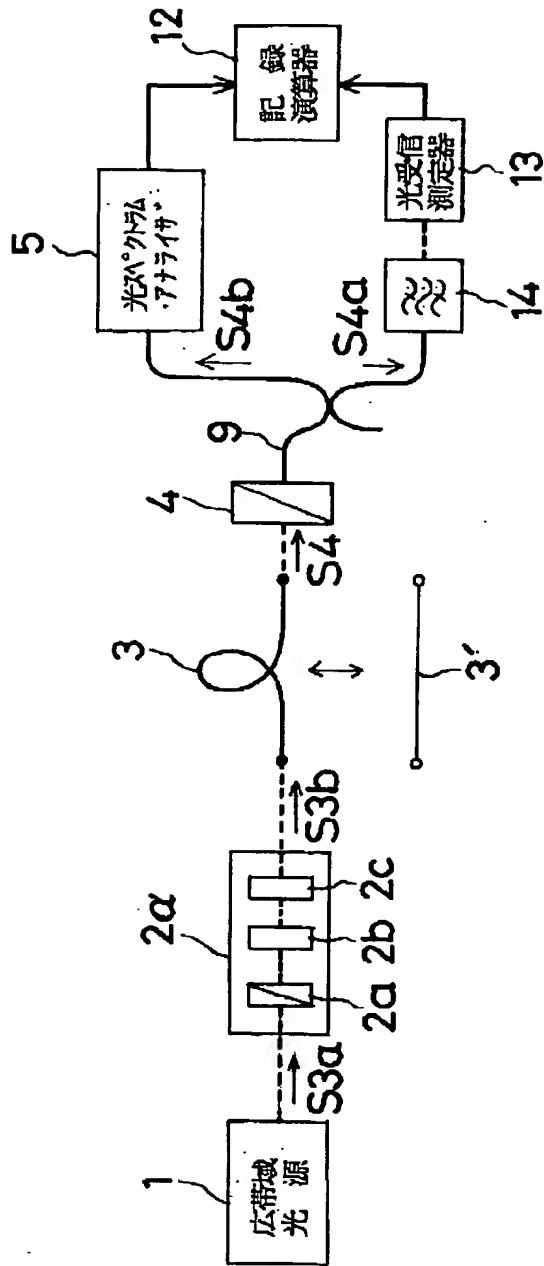
【図12】図10に示される装置を用いた際の問題点を説明するためのグラフである。

【符号の説明】

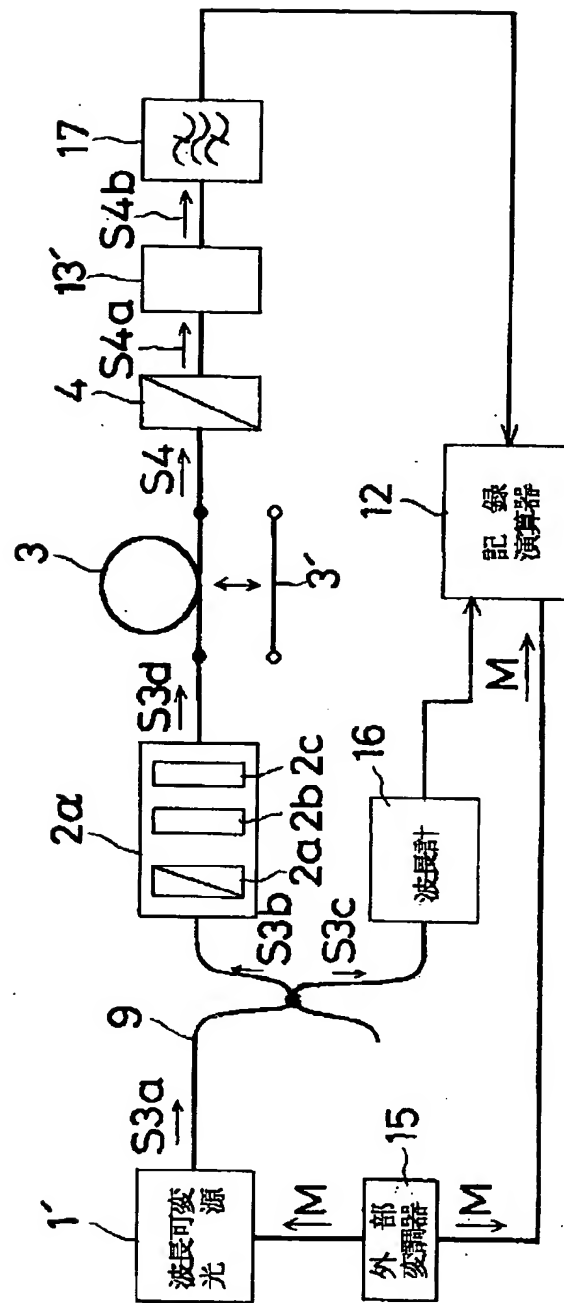
- 20 A…偏波分散測定装置
- 1…広帯域光源
- 1'…波長可変光源
- 2 $\alpha$ …偏波制御装置
- 2a…偏光子
- 2b… $\pi/2$ 位相素子
- 2c… $\pi$ 位相素子
- 3…測定対象
- 3'…参照用光ファイバ
- 4…固定検光子
- 30 5…光スペクトラム・アナライザ
- 6…フォト・ディテクタ
- 7…集光レンズ
- 8a, 8b…コーナー・キューブ
- 9…光分岐器
- 10…増幅器
- 11…微小振動ステージ
- 12…記録演算器
- 13…光受信測定器
- 13'…同期検波型光受信測定器
- 40 14…波長可変狭帯域光フィルタ
- 15…外部変調器
- 16…波長計
- 17…電氣的帯域フィルタ



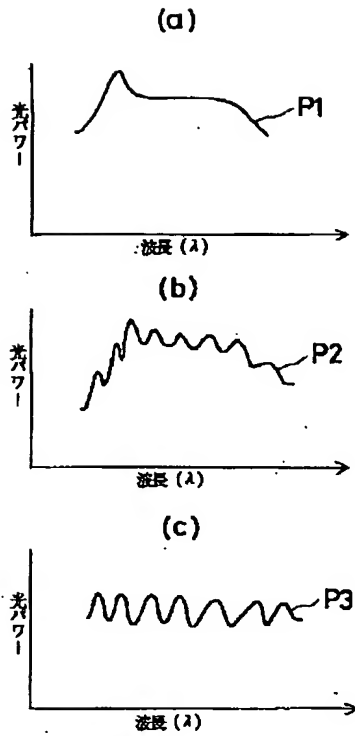
【図1】



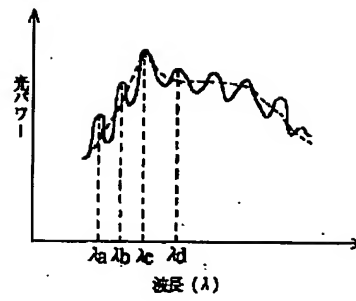
【図7】



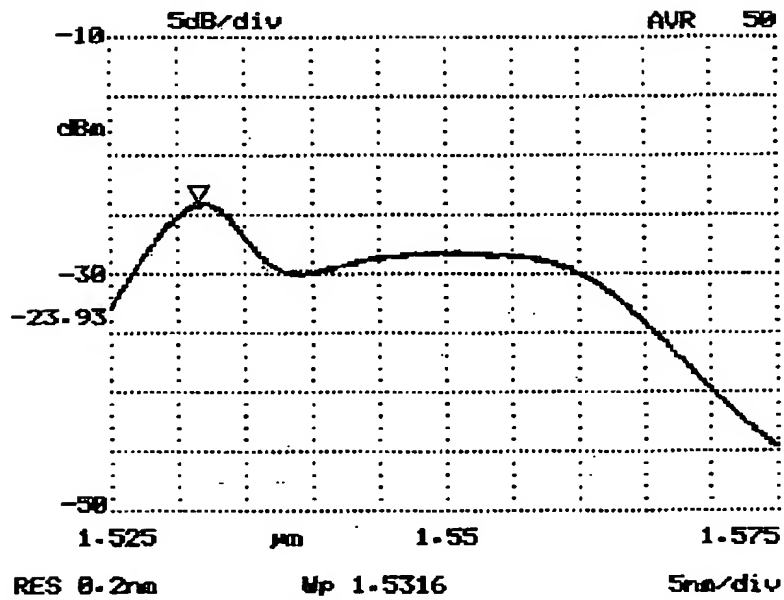
【図2】



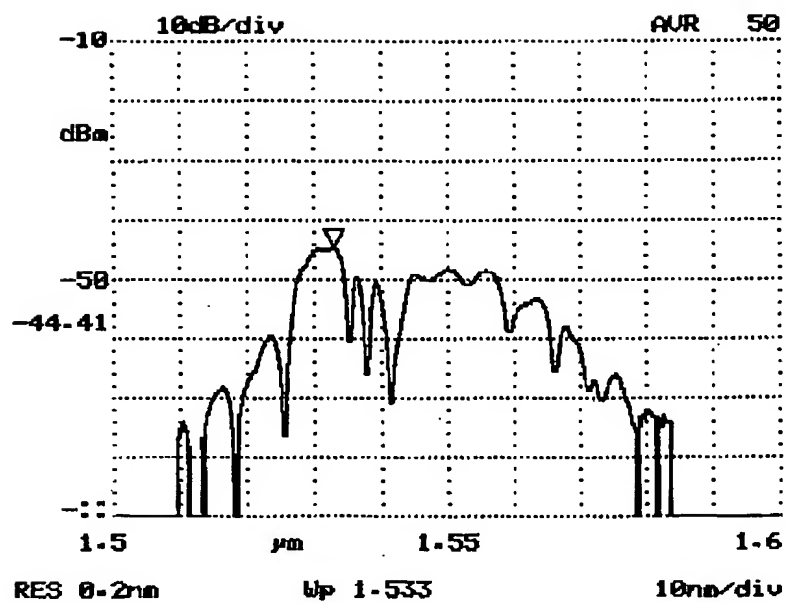
【図11】



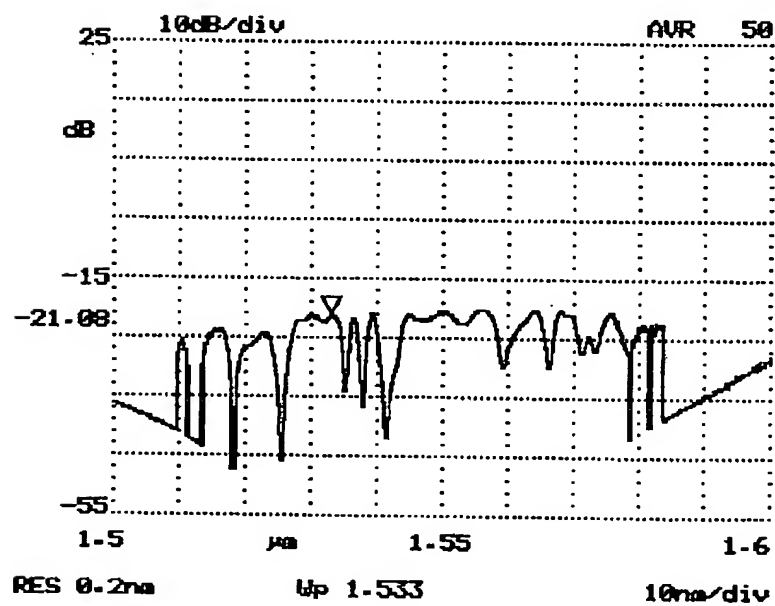
【図3】



【図4】



【図5】



波長可変光源 (1')

2a, 2b, 2c

3

4

5 光増倍管・アンプ

12 記録演算器

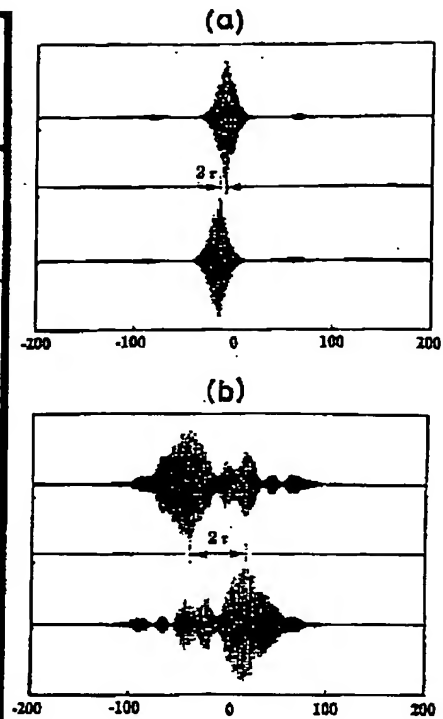
13 光受信測定器

S3a, S3b, S4, S4a, S4b

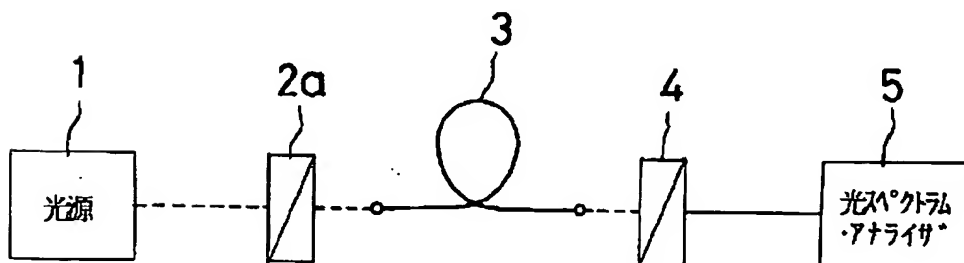
【図8】

	従来技術 (干渉法)	本発明方法 (固定検光子法)
P M F 1 ( $L \div 0.646\mu$ )	$\tau \div 0.134\text{ps}$ $\sigma \div 0.002\text{ps}$	$\tau \div 0.135\text{ps}$ $\sigma \div 0.001\text{ps}$
P M F 2 ( $L \div 0.64\mu$ )	$\tau \div 0.970\text{ps}$ $\sigma \div 0.002\text{ps}$	$\tau \div 0.969\text{ps}$ $\sigma \div 0.001\text{ps}$
P M F 3 ( $L \div 6.4\mu$ )	$\tau \div 9.772\text{ps}$ $\sigma \div 0.003\text{ps}$	$\tau \div 9.792\text{ps}$ $\sigma \div 0.019\text{ps}$
S M F ( $L \div 10\text{km}$ )	$\tau \div 0.094\text{ps}$ $\sigma \div 0.006\text{ps}$	$\tau \div 0.175\text{ps}$ $\sigma \div 0.004\text{ps}$
D S F ( $L \div 20\text{km}$ )	$\tau \div 0.110\text{ps}$ $\sigma \div 0.041\text{ps}$	$\tau \div 0.264\text{ps}$ $\sigma \div 0.005\text{ps}$

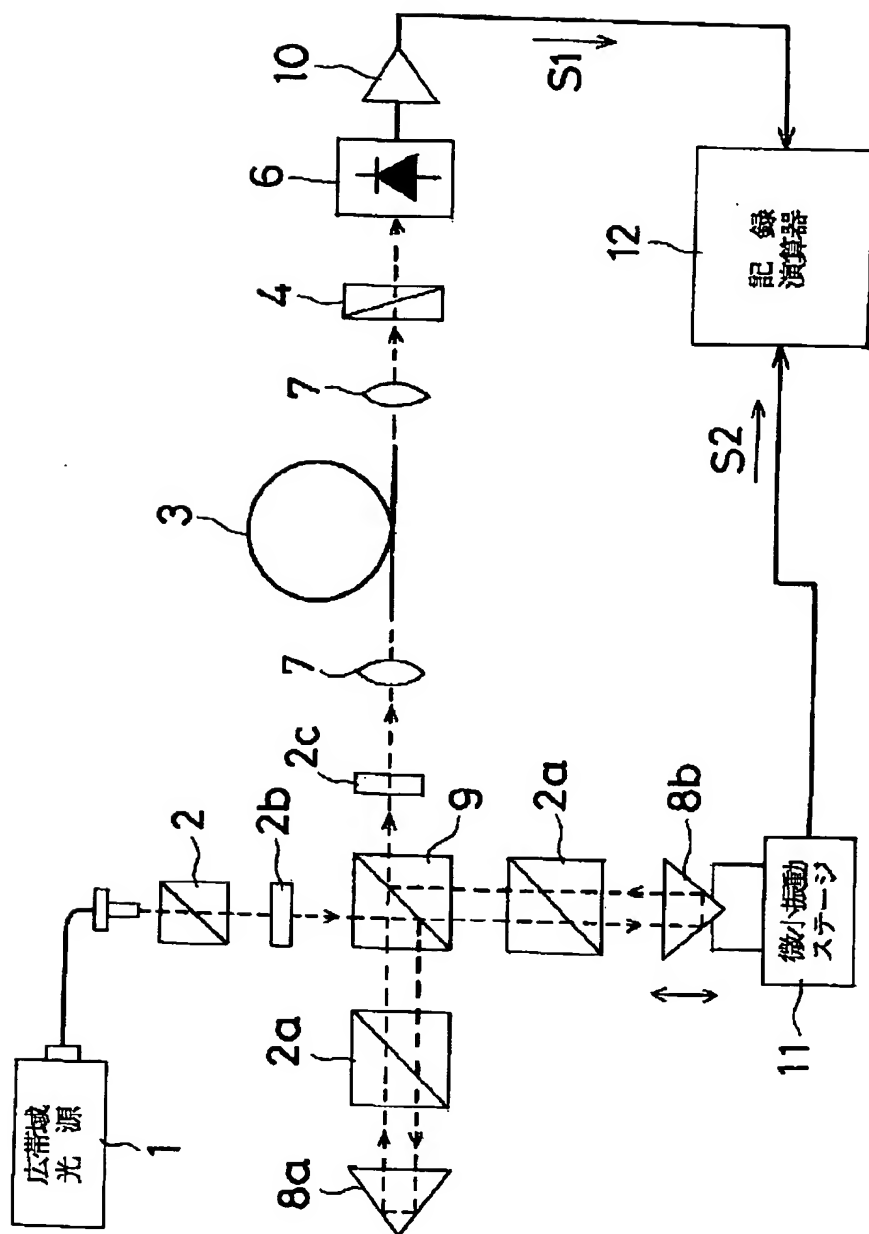
【図12】



【図9】



【図10】



[54] **MOLDED ELECTRICAL JUNCTION BOX**

3,176,869 4/1965 Kinney..... 174/58 X

[75] Inventors: Edgar C. Schindler, Puyallup; John C. McEachron, Tacoma, both of Wash.

Primary Examiner—J. V. Truhe  
Assistant Examiner—D. A. Tone  
Attorney, Agent, or Firm—Harold J. Rathbun; Ernest S. Kettelson

[73] Assignee: Nelco Corporation, Orting, Wash.

[22] Filed: July 23, 1973

[21] Appl. No.: 382,083

## Related U.S. Patent Documents

Reissue of:

[64] Patent No.: 3,740,451  
Issued: June 19, 1973  
Appl. No.: 265,342  
Filed: June 22, 1972

U.S. Applications:

[62] Division of Ser. No. 69,266, Sept. 3, 1970, Pat. No. 3,701,451.

[52] U.S. Cl. .... 174/58; 220/3.2; 220/3.9; 264/334

[51] Int. Cl.<sup>2</sup> ..... H02G 3/12

[58] Field of Search ..... 174/53-58; 220/3.2-3.6, 3.9; 264/334

## [56] References Cited

### UNITED STATES PATENTS

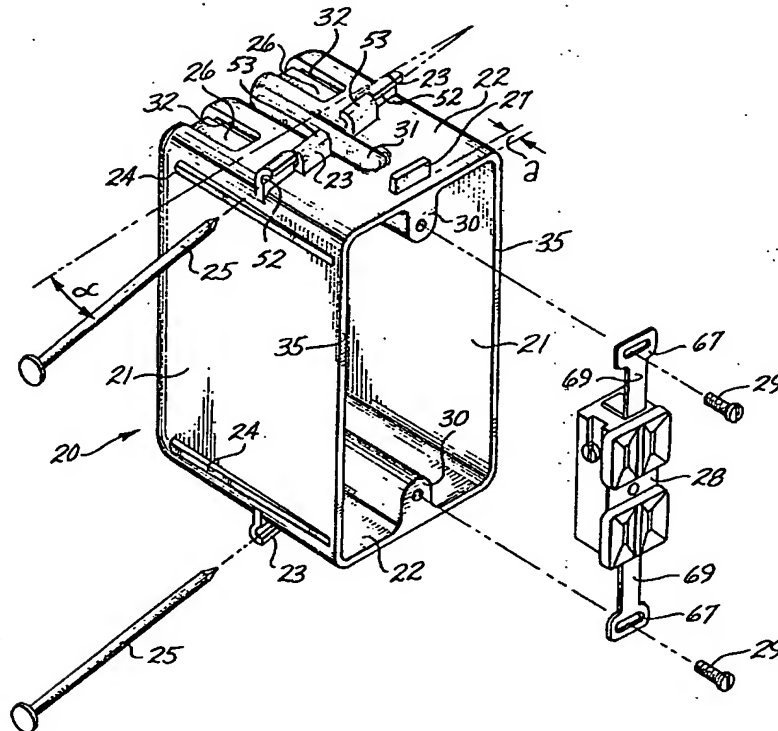
1,262,988 4/1918 Sieffert ..... 220/3.9

[57]

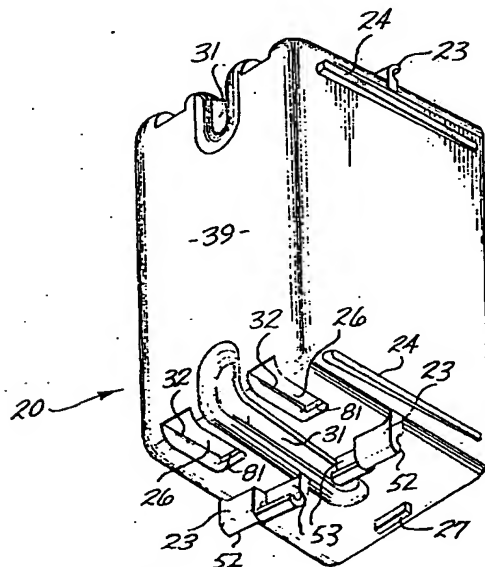
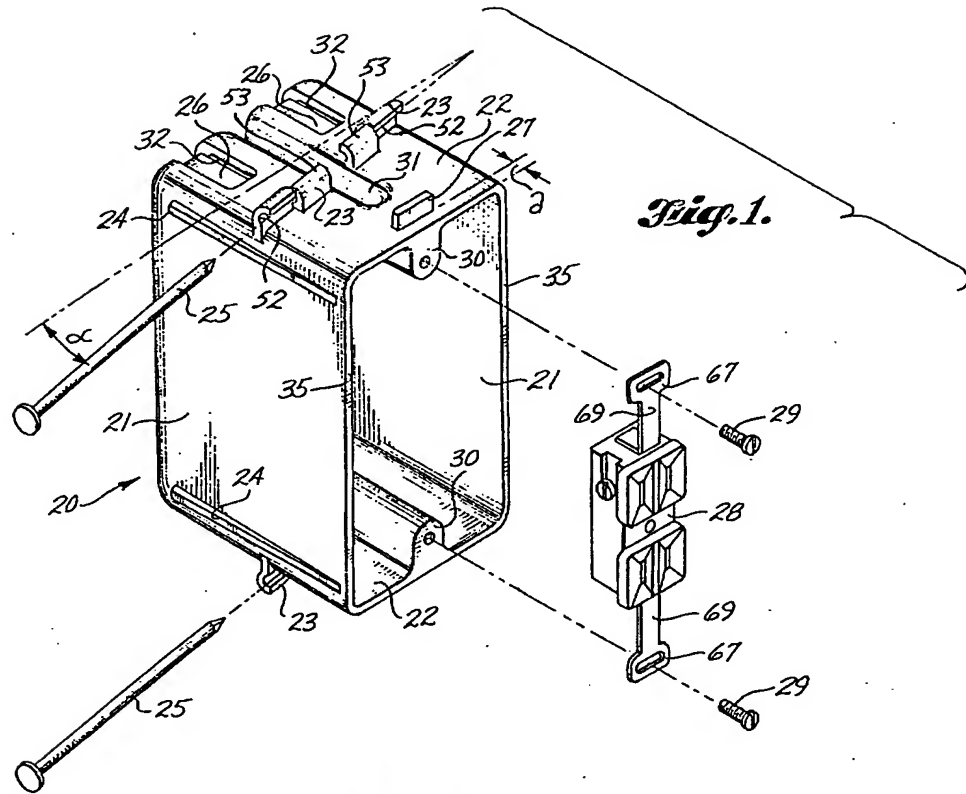
## ABSTRACT

An electrical junction box characterized by the provision of knockouts provided in the walls of the outlet box which are accessible from the interior of the box for easy removal. The junction box, which is constructed of an injection moldable resinous material having insulating properties, is provided with tapered ribs on the exterior surface of the side walls to properly orient the box with respect to the wall yet provide sufficient draft angle to enable injection molding. Additional volume on the interior of the electrical outlet box is provided by a lateral extension of the box constructed and arranged to fit within the wall structure. Grounding means for use with the boxes is provided wherever necessary.

17 Claims, 18 Drawing Figures







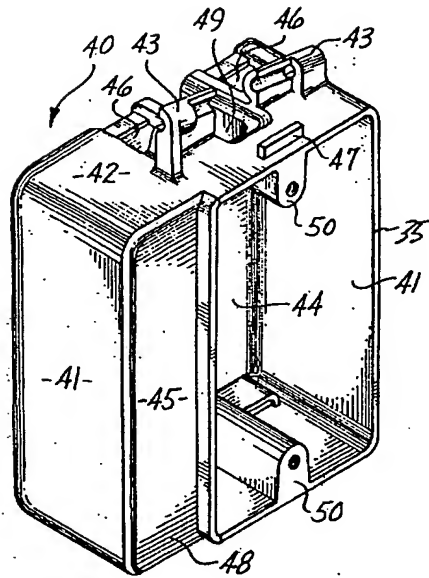


Fig. 3.

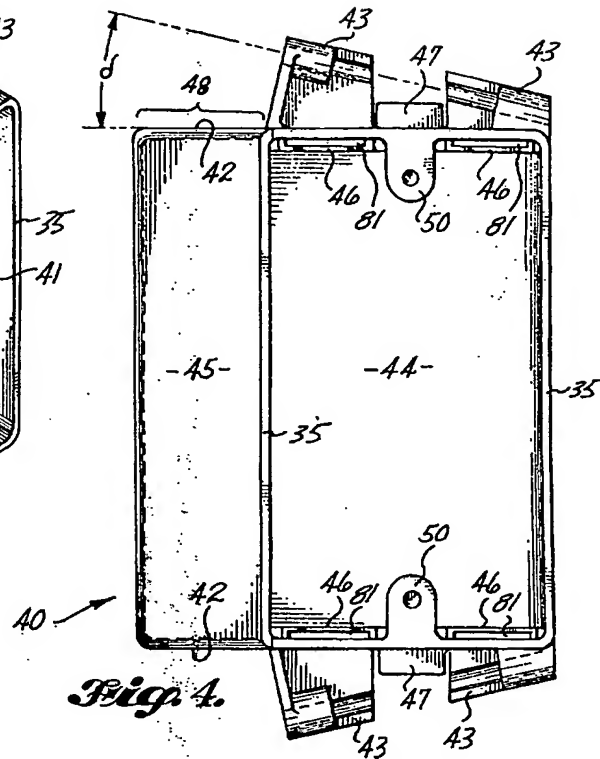


Fig. 4.

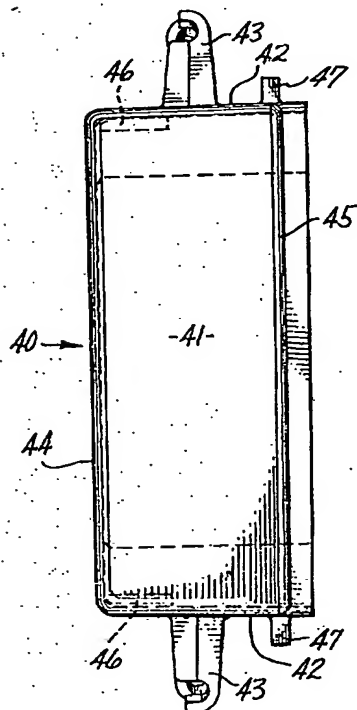


Fig. 5.

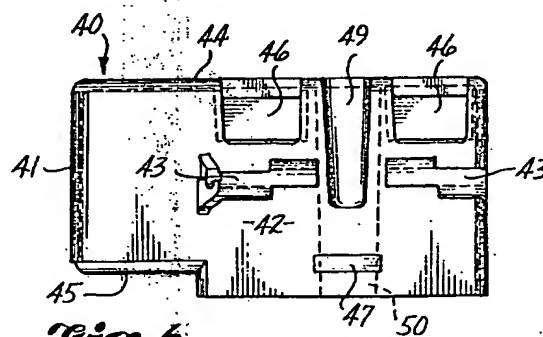
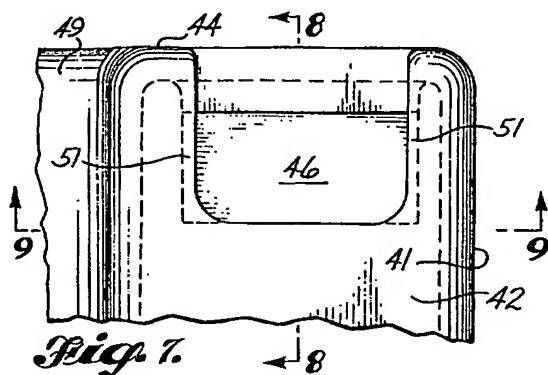
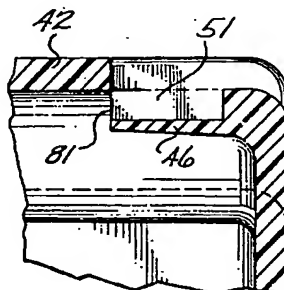


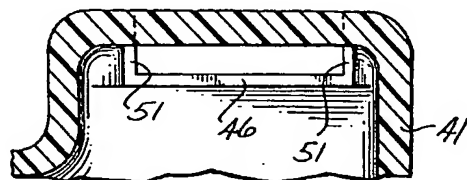
Fig. 6.



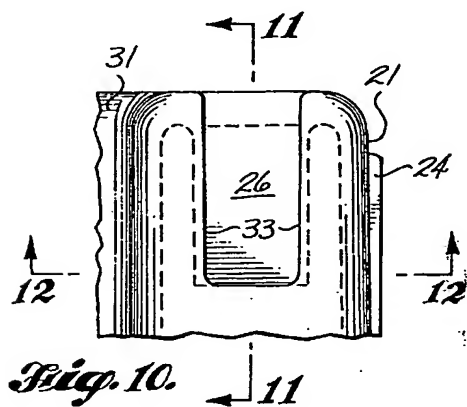
**Fig. 7.**



**Fig. 8.**

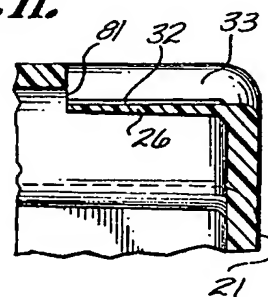


**Fig. 9.**

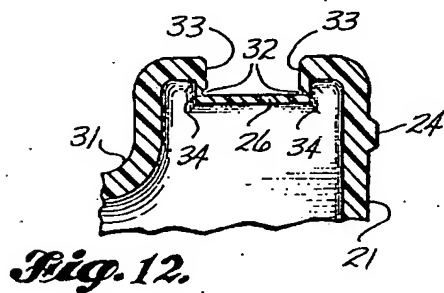


**Fig. 10.**

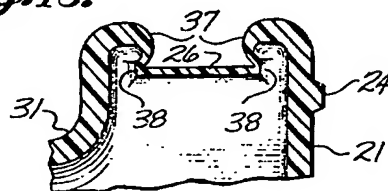
**Fig. 11.**



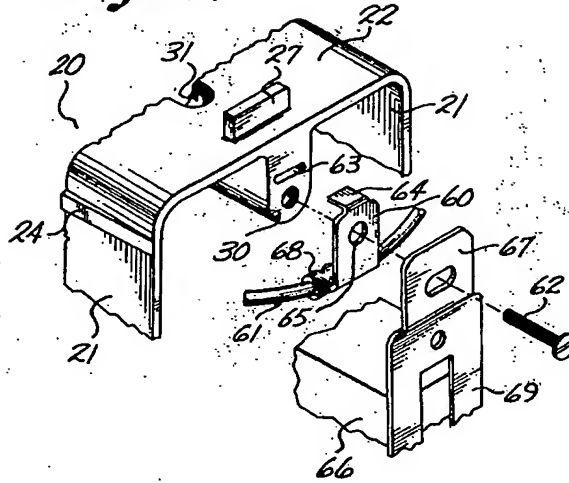
**Fig. 13.**



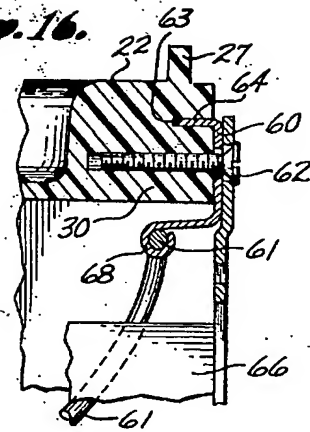
**Fig. 12.**



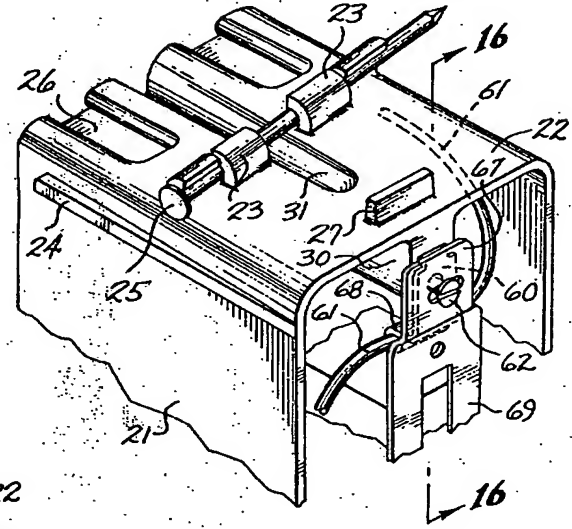
*Fig. 14.*



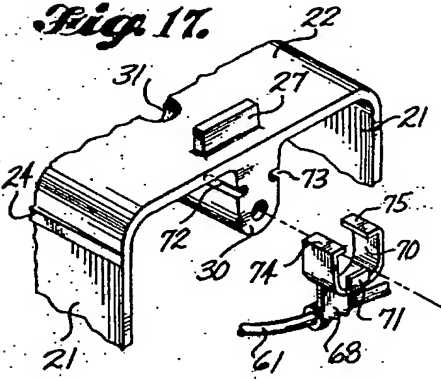
*Fig. 16.*



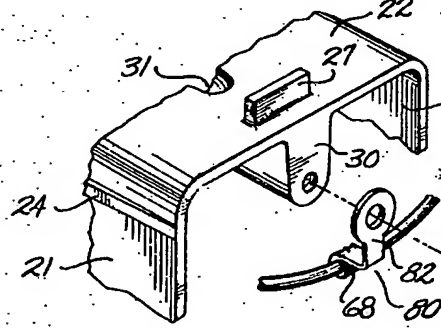
*Fig. 15.*



*Fig. 17.*



*Fig. 18.*



**MOLDED ELECTRICAL JUNCTION BOX**

Matter enclosed in heavy brackets [ ] appears in the original patent but forms no part of this reissue specification; matter printed in italics indicates the additions made by reissue.

This application is a division of application Ser. No. 69,266 filed Sept. 3, 1970, now U.S. Pat. No. 3,701,451.

**BACKGROUND OF THE INVENTION**

This invention relates to junction boxes and electrical outlet boxes constructed of a material having insulating properties, and to grounding means for use with such boxes.

This invention further relates to molded electrical junction boxes made of an insulating material which have a plurality of knockouts designed to be readily removable from the interior of the box.

**PRIOR ART**

Junction boxes of the general type with which the invention herein is concerned are usually rugged die-cast aluminum housings having a number of wall segments which may be removed by impact or manipulation with tools from the outside of the box. It is usually very difficult to remove these knockouts from the interior of the box since no means is provided for ready manipulation and access from the interior. Other types of outlet boxes are known to the prior art in which plastic materials are molded into an open topped receptacle; however, the knockout segments provided in these devices suffer similarly from the problem of inaccessibility from the interior of the box. Thus, whenever the outlet or junction box is installed in a wall, it is very difficult to open one of the knockout segments to provide access to the interior of the box without either doing a great deal of damage to the adjacent wall materials or completely removing the outlet box from the wall. The junction boxes with which this invention is concerned are intended to enable the mounting of a variety of electrical appliances, such as switches, electrical receptacles and convenience outlets.

Mounting the devices of the prior art to structural members in the wall has presented several problems. The first problem encountered involves the manufacture and construction of the electrical junction box. The mounting apparatus has presented some problems with regard to the injection molding techniques necessary to form the mounting apparatus as a part of the injection molded electrical outlet box. The prior art devices, while providing for the attachment of the device to the structural member, have resulted in fabrication difficulties due to mold release problems. One alternative has been to provide a separate mounting bracket to be nailed to the structural member and to which the box is then attached by screws or bolts.

**OBJECTS OF THE INVENTION.**

It is an object of this invention to provide a molded electrical outlet box constructed of a lightweight and inexpensive material which is easy to manufacture. A related object of this invention is to provide an open-topped molded insulation wiring box which may be constructed utilizing injection molding techniques.

One primary object of the present invention is to provide an electrical outlet box having insulating properties which has a fastening bracket molded as an integral part thereof and with which standard nails may be used for fastening the outlet box to structural members.

A further object of this invention is to provide an electrical outlet box having knockouts accessible from the interior of the box so that the knockouts may be readily removed from the interior of the box using tools normally available to the electrician. A related object of this invention is to provide a knockout structure which presents a smooth-edged opening to any conductors placed therein after the knockout blank has been removed.

A still further object of this invention is to provide an electrical outlet box having means to ground appliances placed therein such that the outlet box itself may be used for either grounded or non-grounded electrical apparatus.

One specific object of this invention is to provide an electrical outlet box for thin-wall construction having a sufficient volume to meet the standards set up by governmental codes, yet which has a standard-sized opening.

Accordingly, this invention provides an electrical outlet or junction box which may be constructed of a plastic or other suitable insulating material which can be molded into the desired shape. Opposing side walls carry a pair of fastener ears through which standard nails may be placed to secure the outlet boxes to a structural member in a wall. Tapered ribs are provided adjacent the dihedral corners of the box to compensate for the draft angle of the box side walls. The draft angle is provided in the design of the injection molded box to facilitate molding. The ribs are positioned on the side walls of the box to engage the structural members of the wall and cause the front face of the box to be positioned in the plane of the wall into which the box is installed.

Knockouts are positioned in the side walls of the box. The knockouts are constructed so that they may be removed and conductors inserted into the box after the box has been installed in a wall. The knockouts are molded into the side of the junction box in such a manner that they may be removed from the inside of the box by insertion of the blade of a screwdriver or similar tool into an exposed slot on the interior of the box and twisting the screwdriver to break the portion of the knockout which covers the aperture. The knockout is molded in a thin section so that it will fracture readily, yet maintain adequate strength to close the aperture in those instances in which the knockout is not removed.

The outlet box of this invention can be provided with an offset extension for use with a shallow depth or thin-wall type construction so that while a single modular opening can be utilized, the interior volume of the box may equal the electrical code requirements. This is accomplished by providing a protrusion from the side of the box extending into the interior of the wall structure.

A grounding mechanism is provided with the injection molded junction boxes which may be inserted into the box to ground any appliance to be used with the box. The removable grounding mechanism permits the use of the junction box described herein interchangeably in applications in which grounding of the appliance is necessary and applications in which no grounding device is required.

These and other objects and advantages of this invention will become more readily apparent by an evaluation of the description of several preferred embodiments of this invention as set out below with particular reference to the attached drawings.

#### IN THE DRAWINGS

FIG. 1 shows an exploded perspective view of one embodiment of this invention which is a drop-wall style outlet or junction box suitable for standard building applications;

FIG. 2 shows a bottom perspective view of the device shown in FIG. 1;

FIG. 3 shows an upper perspective view of one embodiment of this invention which is suitable deep-wall use in thin-wall construction such as mobile homes and the like;

FIG. 4 is a front view of the device shown in FIG. 3;

FIG. 5 is a side view of the device shown in FIG. 3;

FIG. 6 is an end view of the device shown in FIG. 3;

FIG. 7 is a partial plan view of the knockouts utilized in the device shown in FIG. 3;

FIG. 8 is a partial cross section of the knockout area shown in FIG. 7 taken along lines 8—8;

FIG. 9 is a partial cross section of the knockout area shown in FIG. 7 taken along lines 9—9 of FIG. 7;

FIG. 10 is a partial plan view of one of the knockouts used in the device shown in FIG. 1;

FIG. 11 is a partial cross-sectional view of the knockout area shown in FIG. 10 taken along lines 11—11 of FIG. 10;

FIG. 12 is a partial cross-sectional view of the knockout area shown in FIG. 10 taken along lines 12—12 of FIG. 10;

FIG. 13 is a cross-sectional view of a second embodiment of the knockout shown in FIGS. 10—12;

FIG. 14 shows one type of grounding mechanism suitable for use with the various embodiments of this invention;

FIG. 15 is a perspective view of the apparatus shown in FIG. 14 in assembled position;

FIG. 16 is a partial cross-sectional view of the apparatus shown in FIG. 15 taken along lines 16—16 in FIG. 15;

FIG. 17 shows a second embodiment of the grounding means utilized in this invention; and,

FIG. 18 shows a third embodiment of the grounding means utilized in this invention.

Referring more particularly to the drawings, wherein like numerals indicate like parts, there is seen in FIG. 1 an outlet box indicated generally at 20 which is of the deep-wall style having a standard size aperture defined by front face 35 into which an appliance such as the convenience outlet 28 may be inserted. The deep-wall molded junction box 20 has side walls 21, end walls 22 and a plurality of knockout elements 26 placed in the end walls 22. A pair of fastener ears 23 are molded as an integral part of each end wall 22 and provide means for attaching the box to a structural member by use of nails 25. The fastener ears 23 are set at an angle  $\alpha$  with respect to the rear wall of the junction box 20 to permit easier access in nails 25 for nailing the box to the structural member. A threaded lug member 30 is molded into each end wall 22 and the ridge formed thereby extends completely through to the back wall 39. A slot 31 extends partially along the exterior of side wall 22 and serves to decrease the amount of plastic necessary to

form the box while permitting the box to be formed by injection molding techniques. The threaded lug member 30 must extend completely to the back wall 39 of the box 20 to permit release of the box from the mold.

A depth guide 27 is provided on each end wall to insure that the front face 35 of the box is flush with the outer surface of the wall board or panelling used on the wall.

An important feature of this invention is to provision of the tapered ribs 24 along the outer portion of the side walls 21 of the deep-wall molded junction box. Ribs 24 are provided to properly orient the side wall of the box so that the front wall 35 will be precisely perpendicular to the structural member to which the box is attached. It is necessary to provide the tapered ribs 24 so that the injection molding techniques well known in the art may be utilized to form the box. A draft angle equivalent to the angle  $\gamma$  must be imparted to the side walls in order to insure release of the box from the mold. The tapered ribs 24 thus are formed in the side walls 21 of the boxes 20 so that adjacent the front wall 35 the ridge is flush with the surface of side wall 21. Extending toward the rearward portion of the box the width of the rib 24 increases so that the upper surface of rib 24 remains perpendicular to the front face 35, and thus extends at the angle  $\gamma$  with respect to side wall 21. The tapered ribs 24 are particularly useful in the deep-wall molded junction box 20 as shown in FIGS. 1 and 2. However it may be used in all embodiments of this invention, if desired.

An appliance such as the convenience outlet 28 may be readily connected to wires extending into the interior of the box through knockouts 26 and the appliance then pushed back into contact with the threaded lug member 30 with screw 29 threadably engaging the interior of threaded lug member 30. The ears 67 of convenience outlet 28 are engaged by screw 29 to firmly hold the convenience outlet 28 in its proper position within the box 20.

The knockout sections 26 are thin molded sections constructed of the same material as makes up the rest of the box 20 and are formed with an aperture 81 opening into the interior of the box. The aperture 81 is formed so that the blade of a screwdriver may be inserted into the aperture and the knockout 26 removed by twisting the blade of the screwdriver to fracture the thin segment of plastic material. A recess 32 extending along the sides of knockouts 26 defines one wall of a very thin frangible member 34 which may be readily shattered by the twisting force of a screwdriver blade in aperture 81. In FIGS. 10, 11 and 12 the details of the knockouts 26 and the surrounding structure of box 20 is shown in detail. The straight entry port wall 33 presents a smooth surface to any conductor entering the box to eliminate the possibility of severing or otherwise injuring the insulation thereon. The recesses 32 along the sides of the straight entry port wall 33 insure that no jagged edges will be presented to the conductor inserted through knockout 26 after removal of the knockout blank.

The deep-wall molded junction box 20 is provided with end wall nail guides 23 which are inclined at the angle  $\alpha$  with respect to the front face 35 to facilitate installation of the outlet box in a standard wall construction. Angling the nail holders 23 with respect to the front wall 35 gives easy access to the nails or other fasteners being used to hold the outlet box 20 to the wall studs. The fastener ears 23 are molded integrally with